

# El ejemplo de los servicios de predicción hidrológica ampliada para la mejora de la gestión de los recursos hídricos

por Narendra Kumar Tuteja, División de Medio Ambiente e Investigación, Oficina de Meteorología de Australia



Autoridad de la cuenca del Murray-Darling

El agua dulce es vital para el ser humano, la actividad económica, la salud del ecosistema y los procesos geofísicos. Durante el primer decenio del siglo XXI, se registraron en Australia valores extremos acusados de algunos elementos climáticos y el país atravesó su periodo más cálido, siendo 2013 el año más caluroso desde el inicio de los registros en 1910. Las condiciones hidrológicas de Australia se encuentran entre las más variables de la Tierra. Su régimen fluvial puede pasar por periodos prolongados de sequía, como el conocido como “sequía del milenio”, ocurrido entre 1997 y 2000, y que afectó a la mayor parte del este de Australia. Esta variabilidad tiene un gran impacto sobre la gestión de los recursos hídricos australianos, y más concretamente, sobre la gestión de los riesgos relacionados con el suministro de agua para atender las necesidades urbanas, las de riego agrícola y las medioambientales.



Ryan Smith

*La cuenca del Murray-Darling abastece directamente a los cerca de dos millones de personas que viven en ella y es la fuente principal de agua para el 1,1 millón de personas que viven en Adelaide (en la imagen), la capital de Australia del Sur, y que se encuentra situada fuera de la cuenca.*



Autoridad de la cuenca del Murray-Darling

*Los ríos Murray y Darling son dos de los cursos de agua más importantes de la cuenca del Murray-Darling. Ambos ríos confluyen en Wentworth, Nueva Gales del Sur.*

La cuenca del Murray-Darling es el granero de la nación. Se extiende desde la parte central de Queensland hasta Australia del Sur a lo largo de casi 10° de latitud ocupando una superficie de un millón de kilómetros cuadrados, es decir, un 14% de la extensión de Australia. De ella se abastecen los cerca de 2 millones de personas que viven en la cuenca y es la fuente principal de agua del 1,1 millón de personas que viven en Adelaide, la capital de Australia del Sur, que se encuentra situada fuera de la cuenca. Más del 90% del área de la cuenca está destinada a algún tipo de explotación agrícola, principalmente pasto (86%). Representa el 75% de la superficie de regadío en Australia y contribuye en una proporción importante a la renta nacional procedente de la producción agrícola. La escorrentía media en la cuenca es de unos 23 850 gigalitros (Gl) al año, mientras que el consumo promedio de agua asciende a unos 12 900 Gl/año. Los aportes de agua a la cuenca fueron muy escasos durante el año hidrológico 2002-2003. Se trata del quinto periodo más seco del registro y, a este, le siguieron tres años —hasta 2006— en los que los aportes estuvieron por debajo de la media. Al comienzo del año hidrológico 2006-2007, los aportes de agua se encontraban en mínimos históricos.

El 25 de enero de 2007, como consecuencia de este largo periodo de severa sequía, y en respuesta a la rápida disminución de los recursos hídricos, el primer ministro de Australia puso en marcha un Plan nacional de seguridad hídrica. El plan es un compromiso de 10 puntos para mejorar la calidad y la cobertura de la información de carácter hidrológico en Australia, e incluye la difusión de pronósticos de las reservas hídricas por parte de los servicios de predicción hidrológica ampliada de la Oficina de Meteorología de Australia.

## Retos fundamentales para los gestores hidrológicos

En condiciones de sequía extrema, los gestores hidrológicos —tanto del ámbito urbano como del rural— se enfrentan a complejas cuestiones, tales como decidir cuáles son los mejores procedimientos para aumentar las reservas de agua, lo que implica con frecuencia unas importantes inversiones de capital y unos elevados costes operativos, o cuál es la mejor manera de repartir unos recursos hídricos limitados y a los que no se les puede poner precio. ¿Es necesaria una planta desalinizadora y/o un nuevo embalse? O, ¿habría que ampliar los embalses ya existentes? y, en tal caso, ¿hasta qué volumen?

Desde una perspectiva operativa, los gestores hidrológicos tienen que optimizar los recursos hídricos disponibles y planificar las mejores estrategias posibles para atender las demandas de los sectores urbano, rural y medioambiental. La demanda de agua varía en el espacio y en el tiempo a lo largo de las grandes cuencas fluviales, y los gestores hidrológicos tienen que tomar decisiones a diferentes escalas de tiempo: días, semanas, meses, y hasta unos pocos años, dependiendo de la variedad de ciclos húmedos y secos en las diferentes regiones hidroclimáticas. Para abordar la cuestión de la seguridad hídrica a largo plazo, los responsables tienen que hacer frente a las notables incertidumbres del clima futuro y de la demanda de los diferentes sectores económicos. En particular, la ciencia del cambio climático es tal que la exactitud de las predicciones de los modelos se halla limitada por incertidumbres fundamentales e irreducibles. Por lo tanto, no sería prudente confiar únicamente en las proyecciones de disponibilidad de agua realizadas en base a los resultados de los modelos climáticos sino que conviene más considerar las soluciones para un conjunto de climas futuros posibles dentro del marco de algún sistema robusto de evaluación de riesgos.

Aunque tampoco es sencillo, es más abordable el problema del pronóstico de la disponibilidad de agua en la escala de tiempo que va de los días a las semanas o estaciones, al menos en aquellas áreas donde existe una probada experiencia en la predicción del clima. Algunas de las cuestiones a las que se enfrentan los gestores hidrológicos en las escalas de tiempo que van de las semanas a las estaciones son:

- ¿De cuánta agua se dispone en los pantanos y en el sistema conductor de aguas?

- ¿Cuál es la demanda de agua y cómo es su distribución espacial?
- ¿A cuánto ascienden las cuotas de agua establecidas legalmente y cuáles son sus prioridades asociadas?
- ¿Cuál es la estimación de pérdidas por evaporación?
- Con las condiciones hidrológicas actuales de la cuenca fluvial, ¿qué pérdida de agua puede preverse en el sistema conductor de aguas y cuál es la distribución espacial esperada de las pérdidas?
- ¿A cuánto se espera que ascienda el aporte de agua durante la próxima semana? ¿El próximo mes? ¿La próxima estación? ¿Y el año que viene?
- ¿Cuál es el grado de incertidumbre en las previsiones de aportes de agua y con qué fidelidad puede trasladarse este conocimiento imperfecto a la planificación de la asignación y del reparto del agua?

Generalmente, los gestores hidrológicos poseen una gran experiencia y evitan siempre correr riesgos. Utilizan innovadores métodos de ingeniería para abordar cuestiones relacionadas con la disponibilidad y la demanda de agua actuales. Métodos robustos les permiten estimar también las pérdidas por evaporación y transporte. Las únicas cuestiones pendientes que siguen constituyendo un reto para los gestores hidrológicos son las dos últimas planteadas antes. Es decir, la previsión del aporte de agua y la manera de optimizar el uso de las predicciones probabilísticas para la planificación operativa. Estos tipos de cuestiones se pueden abordar mediante los servicios de predicción hidrológica ampliada de la Oficina de Meteorología de Australia.



Autoridad de la cuenca del Murray-Darling

*La desembocadura del Murray es la única salida hacia el océano del agua que precipita en la cuenca. El camino hasta el mar es tan prolongado, caluroso, llano y expuesto al viento, que solo llegará al mar el 4% de la lluvia que cae en la cuenca; el resto se queda por el camino en regadíos y agricultura, o evaporado por el sol.*

## Servicios de predicción hidrológica ampliada

Durante muchos años Australia ha requerido un servicio de predicción fluvial estacional, y la reciente inversión del Gobierno de Australia en información hídrica aborda esta necesidad. Los pronósticos



fluviales fiables y de calidad a escala estacional son muy apreciados a efectos de disponer de previsiones de asignación de agua, para informar a los mercados del agua, para planificar y administrar el uso del agua, y para gestionar su escasez.

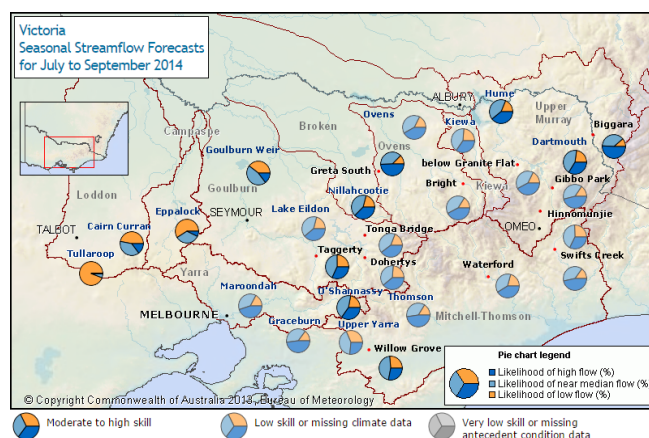
Pueden elaborarse pronósticos estacionales de disponibilidad de agua empleando (como se indicó antes) técnicas de modelización dinámica, estadística o híbrida. La aproximación estadística se basa en las relaciones directas que se deducen entre los datos observados y los índices predictores. Numerosos indicadores climáticos basados en las anomalías de presión atmosférica y de temperatura de la superficie del mar se han relacionado con precipitaciones estacionales futuras. Estas relaciones se han utilizado para predecir el caudal fluvial con varios meses o estaciones de antelación. La Oficina creó un nuevo servicio de predicción fluvial estacional en diciembre de 2010 basado en la aproximación estadística. El servicio distribuye predicciones probabilísticas de caudales en un punto para los siguientes tres meses o pronósticos de aporte total de agua en los reservorios de agua principales.

Por el contrario, la aproximación dinámica de la predicción hídrica estacional consiste en integrar modelos dinámicos de clima para obtener proyecciones de precipitación y de otras variables climáticas con las que se fuerzan los modelos hidrológicos que elaboran las predicciones fluviales. La expresión “predicción climática dinámica” hace referencia a la aplicación de modelos acoplados de circulación general atmosférica y oceánica para tareas de predicción estacional. Se utilizan pronósticos de precipitación procedentes del Modelo predictivo océano-atmósfera de Australia (POAMA) combinados con métodos de regionalización basados en análogos históricos para obtener predicciones de precipitación diaria a escala de cuenca hidrográfica. Los pronósticos estacionales regionalizados de precipitación producidos por los modelos mencionados se emplean como entradas en los modelos conceptuales de precipitación-escorrentía que pueden tener diferentes niveles de complejidad. Actualmente, los usuarios registrados de los servicios de predicción hidrológica ampliada pueden acceder a los pronósticos dinámicos a uno y tres meses en 38 cuencas hidrográficas a lo largo de Australia.

El grado de acierto de las nuevas predicciones dinámicas y de las predicciones estadísticas actuales del caudal fluvial varía en función de la situación y del periodo de predicción. Como las aproximaciones de modelización estadística y dinámica son complementarias, la combinación de los resultados de ambas conduce a otro resultado más exacto y fiable que el de cada predicción por separado. La Oficina combinará las predicciones estadística y dinámica de los caudales tanto a uno como a tres meses y pondrá a disposición del público los nuevos productos de predicción en 2015.

Las estaciones hidrológicas de referencia facilitan abundante información de datos de caudal procedente de 221 series de gran calidad. Entre los criterios para

la elección de los emplazamientos se ha exigido que la estación cuente con un registro superior a 30 años de datos, que haya sido calibrada regularmente, y que no esté afectada significativamente por actuaciones de regulación fluvial, por cambio de uso del terreno, o por cualquier otro factor que pueda influir en la calidad de los datos hidrológicos. Tras consultar con las partes interesadas se ha podido constatar la gran calidad de estas series de datos y su idoneidad para estimar la variabilidad y la tendencia a largo plazo. El caudal puede analizarse en las escalas de tiempo diaria, mensual, estacional y anual, e ir acompañado de resúmenes estadísticos y de análisis de tendencia. La Oficina pretende usar estos emplazamientos para evaluar los impactos de la disponibilidad de agua en función de la variabilidad climática a largo plazo. Desde el sitio web de la Oficina ([www.bom.gov.au/water/hrs](http://www.bom.gov.au/water/hrs)) se puede acceder tanto a los conjuntos de datos de las estaciones hidrológicas de referencia como a una variedad de productos gráficos que representan las tendencias a largo plazo.



*Predicciones estacionales fluviales para determinadas cuencas en el estado de Victoria.*

La Oficina está desarrollando un servicio de predicción fluvial a corto plazo. Actualmente es accesible a usuarios registrados y ofrece pronósticos de caudal en 39 cuencas, con un intervalo temporal entre alcances inferior al día y un horizonte de predicción de hasta siete días, para ayudar a los gestores fluviales en sus tomas de decisión. Estas predicciones están diseñadas para orientar a los gestores hidrológicos en las tareas de embalse de aguas, diseño de hidrogramas de riego medioambiental y gestión de crecidas.

Los servicios de predicción hidrológica ampliada de la Oficina ya están marcando la diferencia en materia de información hídrica en Australia para, por ejemplo, planificar restricciones de agua, programar desembalses, planificar escenarios de riego medioambiental, etc. Los gestores hidrológicos están usando estas predicciones en diferente medida para mejorar la toma de decisiones. Actualmente se ofrecen predicciones a corto plazo en 69 emplazamientos de 39 cuencas clave para el abastecimiento de agua, mientras que el servicio de predicción estacional se extiende a 74 cuencas en la modalidad de libre acceso, más 113 cuencas de acceso

solo a usuarios registrados. Estas cuencas se distribuyen por todas las jurisdicciones y se gestionan desde muchas agencias hidrológicas fundamentales, como la Autoridad de la cuenca del Murray-Darling; la Agencia de aguas de Melbourne y la Corporación de aguas del Goulburn-Murray, en Victoria; la Corporación estatal de aguas y la Oficina del agua en Nueva Gales del Sur; la Empresa pública Icon Water en el Territorio de la Capital Australiana; Hydro Tasmania y el Departamento de industrias primarias, parques, agua y medio ambiente en Tasmania; y el Departamento de aguas y la Corporación de aguas en Australia occidental. Otras agencias similares, así como numerosas autoridades de la gestión hídrica de la cuenca hidrográfica del Murray-Darling, también utilizan regularmente los servicios de predicción hidrológica ampliada para su toma de decisiones.

La mayor parte de los grupos de investigación australianos utilizan actualmente los conjuntos de datos de las estaciones hidrológicas de referencia para estudiar importantes cuestiones relacionadas con la disponibilidad de agua y su relación con el clima y con la ecohidrología. Los conjuntos de datos de estas estaciones también están disponibles a través del Centro mundial de datos de escurrimiento, que funciona bajo los auspicios de la OMM. Con el aumento de la presión sobre los recursos hídricos y el incremento de los desequilibrios entre la demanda y las reservas disponibles, esperamos que la utilización de los servicios de predicción hidrológica ampliada se multiplique durante los próximos años.

### Un enfoque de colaboración

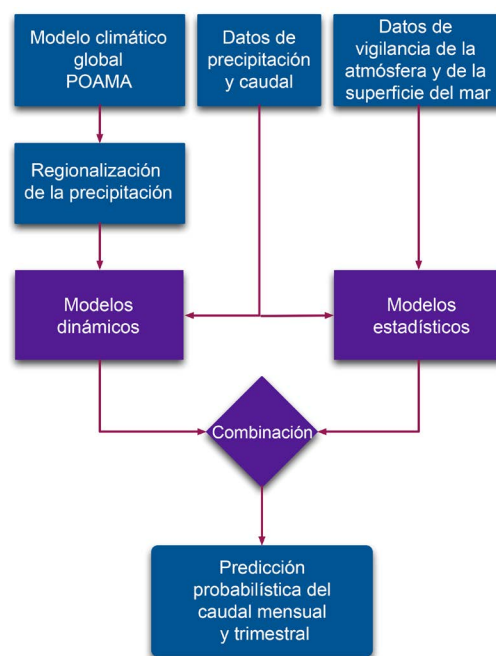
El desarrollo de servicios de predicción hidrológica ampliada supone todo un desafío, necesita ser abordado desde una perspectiva de colaboración e implica alguna de las siguientes acciones:

- un análisis detallado de las necesidades del usuario;
- investigación y desarrollo en muchas áreas del clima, la hidrología y en extensas subdisciplinas medioambientales;
- herramientas operativas y robustas de modelización y sistemas de prestación de servicios a través de Internet;
- una estrategia para informar de las características del servicio y para la adopción de este por parte de los usuarios así como un plan de ejecución;
- prestación del servicio; y
- el compromiso continuo con todos los implicados mientras se mejoran progresivamente los estándares del servicio.

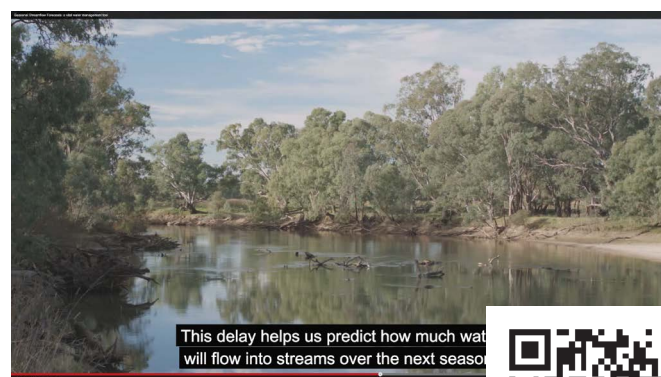
Una sola agencia no dispone por sí misma de toda esta capacidad y se necesita un modelo de colaboración entre socios para lograr resultados satisfactorios. Un numeroso equipo de científicos procedentes de la Oficina de Meteorología de Australia, de la Organización de Investigaciones Científicas e Industriales de la Commonwealth (CSIRO), del Centro australiano de investigación meteorológica y climática (CAWCR), y del ámbito universitario ha trabajado conjuntamente

para desarrollar los servicios de predicción hidrológica ampliada en Australia.

El asesoramiento y el apoyo continuados de las agencias hidrológicas responsables de las regulaciones hídricas, de la distribución de recursos y de la planificación medioambiental han dado forma al servicio de predicción hidrológica ampliada de Australia. El trabajo futuro se centrará en los siguientes aspectos: la mejora de la base científica; los sistemas de modelización y de prestación de servicios; la garantía y el control de calidad de los datos; la ampliación de la cobertura del servicio por toda Australia; la divulgación del grado de acierto de la predicción; y la adopción creciente de los productos de predicción.



*Técnicas para la predicción estacional fluvial.*



Para saber más sobre la predicción estacional fluvial, véase el vídeo de la Oficina de Meteorología de Australia *Seasonal Streamflow Forecasts: A Vital Water Management Tool* (Predicciones estacionales fluviales: una herramienta indispensable para la gestión hidrológica).



Los agradecimientos y referencias están disponibles en la versión en línea del **Boletín**.